

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-261878

(43)Date of publication of application : 24.09.2004

(51)Int.Cl.

B25J 13/08
B23K 9/127
B25J 9/22

(21)Application number : 2003-029179

(71)Applicant : DAIHEN CORP
HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 06.02.2003

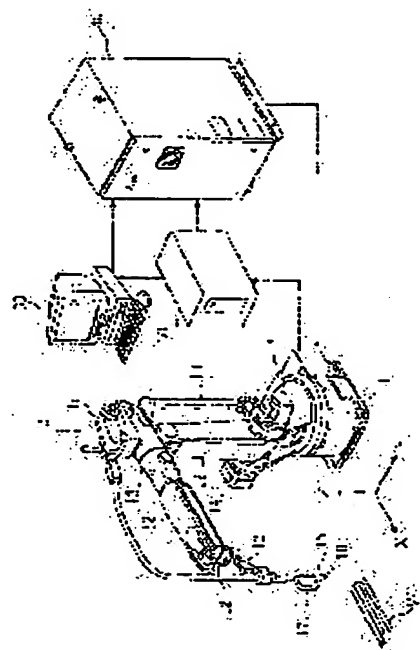
(72)Inventor : IZAWA AKINOBU
ERA TETSUO
UEDA KOJI
YAMAGAMI TAKESHI

(54) CONTROL SYSTEM USING WORKING ROBOT, AND WORK MACHINING METHOD USING THAT CONTROL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a control system using a working robot capable of excellently machining by considering a shape change of a work during working such as welding.

SOLUTION: This control system is provided with a welding robot 10 for moving a welding torch 16 for welding a work W along the work W, and a robot control device 40 for controlling drive of the welding robot 10. This control system is also provided with a laser sensor head 17 for detecting a shape change of the work W to be generated during the welding by the welding torch 16, and a personal computer 30 for obtaining the instruction information to the welding robot 10 corresponding to the shape change of the work W on the basis of a result of the detection by the laser sensor head 17. The robot control device 40 moves the welding torch 16 by controlling drive of the welding robot 10 on the basis of the instruction information obtained by the personal computer 30.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-261878

(P2004-261878A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.⁷

B25J 13/08
B23K 9/127
B25J 9/22

F I

B25J 13/08 Z
B23K 9/127 508B
B23K 9/127 509A
B25J 9/22 Z

テーマコード (参考)

3C007

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-29179 (P2003-29179)
(22) 出願日 平成15年2月6日(2003.2.6)

(71) 出願人 000000262
株式会社ダイヘン
大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人 100086380
弁理士 吉田 稔
(74) 代理人 100103078
弁理士 田中 達也
(74) 代理人 100105832
弁理士 福元 義和
(74) 代理人 100115369
弁理士 仙波 司

最終頁に続く

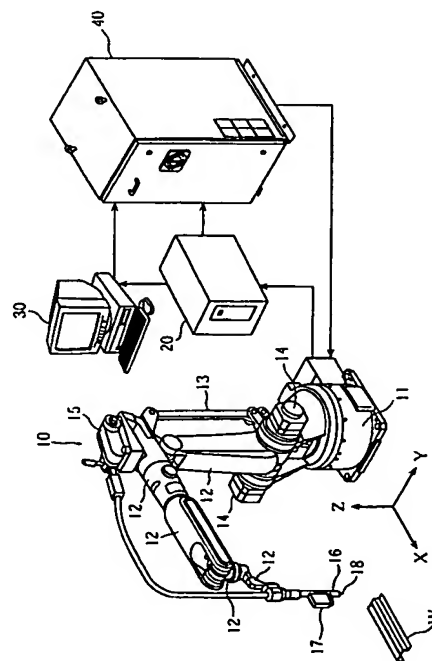
(54) 【発明の名称】 作業ロボットを用いた制御システムおよびこの制御システムによるワーク加工方法

(57) 【要約】

【課題】たとえば溶接などの加工作業におけるワークの形状変化を考慮して良好な加工作業が可能な作業用ロボットを用いた制御システムを提供する。

【解決手段】 ワークWに対して溶接を行うための溶接トーチ16をワークWに沿って移動させるための溶接用ロボット10と、この溶接用ロボット10を駆動制御するためのロボット制御装置40と、を備える制御システムであって、溶接トーチ16による溶接実行中において生じるワークWの形状変化を検出するためのレーザセンサヘッド17と、レーザセンサヘッド17によって検出された結果に基づいて、ワークWの形状変化に応じた、溶接用ロボット10に対する教示情報を取得するパーソナルコンピュータ30とを備え、ロボット制御装置40は、パーソナルコンピュータ30によって取得された教示情報に基づいて、溶接用ロボット10を駆動制御して溶接トーチ16を移動させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ワークに対して加工を施すための加工実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段と、を備える制御システムであって、

前記加工実行手段による加工実行中において生じる前記ワークの形状変化を検出するための検出手段と、

前記検出手段によって検出された結果に基づいて、前記ワークの形状変化に応じた、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する取得手段とを備え、

前記制御手段は、前記取得手段によって取得された教示情報に基づいて、前記作業ロボットを駆動制御して前記加工実行手段を移動させることを特徴とする、作業ロボットを用いた制御システム。

10

【請求項 2】

前記取得手段は、加工実行中の前記ワークの形状変化に応じた複数点のデータを教示点候補のデータとして取得し、それらのデータのうち、所定の直線近似条件を満たすデータを部分的に除去した複数点のデータを教示情報とする、請求項 1 に記載の作業ロボットを用いた制御システム。

【請求項 3】

前記取得手段は、加工実行中の前記ワークの形状変化に応じた複数点のデータを教示点候補のデータとして取得し、それらのデータのうち、所定の円弧近似条件を満たすデータを部分的に除去した複数点のデータを教示情報とする、請求項 1 または 2 に記載の作業ロボットを用いた制御システム。

20

【請求項 4】

ワークに対して溶接を行うための溶接実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段と、を備える制御システムであって、

前記溶接実行手段による溶接実行中において生じる前記ワークの形状変化を検出するための検出手段と、

前記検出手段によって検出された結果に基づいて、前記ワークの形状変化に応じた、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する取得手段とを備え、

前記制御手段は、前記取得手段によって取得された教示情報に基づいて、前記作業ロボットを駆動制御して前記溶接実行手段を移動させることを特徴とする、作業ロボットを用いた制御システム。

30

【請求項 5】

ワークに対して加工を施すための加工実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段とを備える制御システムによるワーク加工方法であって、

前記加工実行手段によって試験用ワークに対して予備的に加工を実行させ、この加工実行中において生じる前記試験用ワークの形状変化を検出する第 1 工程と、

前記第 1 工程において検出された前記試験用ワークの形状変化に基づいて、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する第 2 工程と、

前記第 2 工程において取得された教示情報に基づいて、前記試験用ワーク以外の他のワークに対して加工を施す第 3 工程と、を有することを特徴とする、作業ロボットを用いた制御システムによるワーク加工方法。

40

【請求項 6】

ワークに対して溶接を行うための溶接実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段とを備える制御システムによるワーク加工方法であって、

前記溶接実行手段によって試験用ワークに対して予備的に溶接を行い、この溶接実行中において生じる前記試験用ワークの形状変化を検出する第 1 工程と、

50

前記第1工程において検出された前記試験用ワークの形状変化に基づいて、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する第2工程と、
前記第2工程において取得された教示情報に基づいて、前記試験用ワーク以外の他のワークに対して溶接を行う第3工程と、を有することを特徴とする、作業ロボットを用いた制御システムによるワーク加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、溶接などの加工作業を行うための作業用ロボットを用いた制御システム、およびこの制御システムによるワーク加工方法に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

従来より、作業用ロボットには、たとえば複数のワーク同士をアーク溶接によって接合させる溶接用ロボットがある。この溶接用ロボットでは、いわゆるティーチング&プレイバック方式が用いられていることが多い。この方法は、ワークの溶接部分に沿った溶接トーチの移動軌跡が教示情報としてあらかじめ作業員などによって設定され、あるいはレーザセンサのセンシング動作によって溶接位置を検出することによりワークの溶接部分に沿った溶接トーチの移動軌跡が教示情報として設定され、その教示情報をそれ以降の溶接トーチによる溶接作業に利用する方法である（たとえば、特許文献1参照。）。

【0003】

20

【特許文献1】

特開平7-104831号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、溶接トーチを用いたアーク溶接などにおいては、通常、ワークの溶接部分の形状などが溶接前と溶接後とで若干異なる傾向にある。さらに、溶接前後と溶接中とでも若干異なる傾向にある。図17は、アーク溶接における溶接前、溶接中、および溶接後のワークの溶接部分の高さ方向における形状の変化を、溶接トーチの移動にともなって計測した結果を示す図である。同図に示すように、溶接中におけるワークの表面形状は、溶接前や溶接後のそれに比べ、溶接中の熱によってワークの形状が変化することにより若干高く形成される。ワークの熱による形状変化は、ワークの形状や板厚、固定方法などが同じであれば、同様な結果を生じることが確認されている。

30

【0005】

上記した特許文献1に示す溶接方法は、このような溶接中における熱に起因するワークの形状変化を考慮しているものではない。そのため、溶接前および溶接後のワークの表面形状の溶接部を教示点として正確に複数設定し、それらの教示点に沿って溶接を行っても、溶接中においては、設定した教示点とワークの表面変化形状とが一致せず、必要十分な溶接を行うことができないといった欠点を有する。たとえば、溶接トーチは、その先端が溶接実行中において、盛り上がった熔融部分に進入するため、溶接不良を生じさせることがある。特に、薄板がワークとして用いられた場合、その溶接では、溶接実行中においてワークの表面形状が比較的大きく変化するので、上記溶接不良の可能性は顕著となる。

40

【0006】

そこで、従来では、溶接実行中においてその溶接結果を検出しながら、試行錯誤的に教示点を修正したり、固定治具などでワークを強固に固定したりするなどの工夫が行われていた。しかしながら、試行錯誤的に教示点を修正する方法では、作業者の能力、経験などに依存することになり、ワークの形状変化の傾向を把握するまでに多数の溶接不良品を出してしまうといった問題点があった。また、板厚がたとえば1mm以下の極薄板のワークの場合には、局所的に大きな形状変化が生じるため、上記ワークを強固に固定することは困難なことが多い。

【0007】

50

【発明の開示】

本発明は、上記した事情のもとで考え出されたものであって、たとえば溶接などの加工作業におけるワークの形状変化を考慮して良好な加工作業が可能な作業用ロボットを用いた制御システム、およびこの制御システムによるワーク加工方法を提供することを、その課題とする。

【0008】

上記の課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

【0009】

本発明の第1の側面において提供される作業ロボットを用いた制御システムは、ワークに対して加工を施すための加工実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段と、を備える制御システムであつて、前記加工実行手段による加工実行中において生じる前記ワークの形状変化を検出するための検出手段と、前記検出手段によって検出された結果に基づいて、前記ワークの形状変化に応じた、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する取得手段とを備え、前記制御手段は、前記取得手段によって取得された教示情報に基づいて、前記作業ロボットを駆動制御して前記加工実行手段を移動させることを特徴としている。

10

【0010】

この構成によれば、加工実行手段による加工（たとえば溶接）実行中において、検出手段によって検出された結果に基づいて、たとえば試験用ワークの形状変化に応じた教示情報を取得し、取得された教示情報に基づいて、作業ロボットを駆動制御して加工実行手段を移動させることにより、たとえば他の量産用ワークに対して加工を施すようにしている。従来では、上記のように、加工実行中におけるワークの形状変化を考慮しておらず、そのため、加工実行中においては、設定した教示点とワークの表面変化形状とが一致せず、加工不良を生じさせることがあった。

20

【0011】

しかしながら、本発明では、加工実行中におけるワークの形状変化を考慮し、それに基づいて取得された教示点に沿って加工を行うので、たとえば加工実行中において、加工実行手段が、盛り上がったワークの加工部分に進入しながら移動されるようなことがなく、良好に加工を行うことができる。そのため、信頼性の高い高品質な加工を実現することができる。なお、この発明は、形状、材質、大きさ（板厚など）などがワークごとに同じであり、ワークの固定方法や加工作業が同じであれば、全てのワークについて、加工前後および加工中における形状変化がほぼ同様であることに基づく。

30

【0012】

本発明の好ましい実施の形態によれば、前記取得手段は、加工実行中の前記ワークの形状変化に応じた複数点のデータを教示点候補のデータとして取得し、それらのデータのうち、所定の直線近似条件を満たすデータを部分的に除去した複数点のデータを教示情報とする。

【0013】

この構成によれば、加工実行中のワークの形状変化に応じた複数点のデータを教示点候補のデータとして取得し、それらのデータが所定の直線近似条件を満たすデータである場合、たとえば複数の教示点候補のデータを2次元座標で表し、複数の教示点候補のデータのいずれかが所定の直線上または直線近傍上にある場合、複数の教示点候補のデータを部分的に除去して教示情報とする。そのため、教示点候補のデータによって構成される教示情報を可及的に少なくすることができ、メモリ容量の削減化を図ることができるとともに、取り扱うデータも少なく済むのでソフトウェアによる制御処理を簡素化することができる。

40

【0014】

本発明の他の好ましい実施の形態によれば、前記取得手段は、加工実行中の前記ワークの形状変化に応じた複数点のデータを教示点候補のデータとして取得し、それらのデータのうち、所定の円弧近似条件を満たすデータを部分的に除去した複数点のデータを教示情報

50

とする。

【0015】

この構成によれば、加工実行中のワークの形状変化に応じた複数点のデータを教示点候補のデータとして取得し、それらのデータが所定の円弧近似条件を満たすデータである場合、たとえば複数の教示点候補のデータを2次元座標で表し、複数の教示点候補のデータのいずれかが所定の円弧上または円弧近傍上にある場合、上記円弧上または円弧近傍上にある教示点候補のデータを部分的に除去して教示情報とする。そのため、教示点候補のデータによって構成される教示情報を可及的に少なくすることができ、メモリ容量の削減化を図ることができる。10

【0016】

本発明の第2の側面において提供される作業ロボットを用いた制御システムは、ワークに対して溶接を行うための溶接実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段と、を備える制御システムであって、前記溶接実行手段による溶接実行中において生じる前記ワークの形状変化を検出するための検出手段と、前記検出手段によって検出された結果に基づいて、前記ワークの形状変化に応じた、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する取得手段とを備え、前記制御手段は、前記取得手段によって取得された教示情報に基づいて、前記作業ロボットを駆動制御して前記溶接実行手段を移動させることを特徴としている。20

【0017】

この構成によれば、溶接実行手段（たとえば溶接トーチ）による溶接実行中に、検出手段によって検出されたワークの形状変化に基づいて教示情報を取得し、取得された教示情報に基づいて、溶接実行手段を移動させることにより、ワークに対して溶接を行うので、加工実行手段に溶接トーチを適用しても、良好な仕上がり状態を確保できる溶接が可能となる。

【0018】

また、溶接中のワークの教示情報を取得した以降は、その教示情報に基づいて溶接を行うので、ワークの形状変化を検出するための検出手段（たとえばレーザセンサ）は、他のワークを量産的に溶接するときには不要となる。すなわち、溶接中のワークの教示情報は、一度検出してしまえば、以降、継続的にその教示情報を用いることができるので、比較的高価なレーザ光センサを他の用途に使用することができ、トータルの製作コストおよび設備コストを低減することができる。30

【0019】

本発明の第3の側面において提供される作業ロボットを用いた制御システムによるワーク加工方法は、ワークに対して加工を施すための加工実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段とを備える制御システムによるワーク加工方法であって、前記加工実行手段によって試験用ワークに対して予備的に加工を実行させ、この加工実行中において生じる前記試験用ワークの形状変化を検出する第1工程と、前記第1工程において検出された前記試験用ワークの形状変化に基づいて、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する第2工程と、前記第2工程において取得された教示情報に基づいて、前記試験用ワーク以外の他のワークに対して加工を施す第3工程と、を有することを特徴としている。40

【0020】

このワーク加工方法によれば、本発明の第1の側面に係る発明と、同様の作用効果を奏する。

【0021】

本発明の第4の側面において提供される作業ロボットを用いた制御システムによるワーク加工方法は、ワークに対して溶接を行うための溶接実行手段を前記ワークに沿って移動させるための作業ロボットと、この作業ロボットを駆動制御するための制御手段とを備える50

制御システムによるワーク加工方法であって、前記溶接実行手段によって試験用ワークに対して予備的に溶接を行い、この溶接実行中において生じる前記試験用ワークの形状変化を検出する第1工程と、前記第1工程において検出された前記試験用ワークの形状変化に基づいて、前記作業ロボットに対する教示情報を取得する第2工程と、前記第2工程において取得された教示情報に基づいて、前記試験用ワーク以外の他のワークに対して溶接を行う第3工程と、を有することを特徴としている。

【0022】

このワーク加工方法によれば、本発明の第2の側面に係る発明と、同様の作用効果を奏する。

【0023】

本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなろう。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、添付図面を参照して具体的に説明する。

【0025】

図1は、本発明に係る作業ロボットを用いた制御システムを示す構成図である。なお、この制御システムでは、作業ロボットとしてたとえば複数のワーク（溶接対象物）を溶接によって接合するための溶接用ロボットを適用した例を示している。また、図1において、略水平方向のうちの所定方向をX方向とし、そのX方向と直交する方向をY方向とする。また、鉛直方向をZ方向とする。

【0026】

この制御システムは、溶接用ロボット10と、センサ制御装置20と、パーソナルコンピュータ30（本発明における取得手段に相当）と、ロボット制御装置40（本発明における制御手段に相当）とによって大略構成されている。

【0027】

この実施形態では、加工（溶接）が施されるワークWとして、図1または図2に示すように、断面略L字状の一对の板金部材90を一例として挙げる。これらの板金部材90は、突き合わされる一端同士が互いに上方にせり上がっており、そのせり上がり部91の上端が溶接用ロボット10によって溶接される。たとえば、図2に示す起点Pから終点Eに至るワークWの溶接ラインL上を、後述する溶接トーチが移動して一对の板金部材90を溶接する。板金部材90は、その材質がたとえばステンレスとされ、板厚が約0.5mmとされている。なお、ワークWとしては、図2に示す形状のものに限るものではない。

【0028】

図1に戻り、溶接用ロボット10は、ワークWに対してたとえばアーク溶接を自動で行うものである。溶接用ロボット10は、フロアなどの適当な箇所に固定されるベース部材11と、それに複数の軸を介して連結された複数のアーム12と、リンク部材13と、複数のモータ14（一部図示略）と、ワイヤ送給装置15とによって概略構成されている。溶接用ロボット10は、最も先端側に設けられたアーム12の先端部に、溶接トーチ16（本発明における加工実行手段または溶接実行手段に相当）およびレーザセンサヘッド17（本発明における検出手段に相当）を備えている。

【0029】

溶接用ロボット10は、ロボット制御装置40によって駆動制御され、モータ14などが回転駆動されることにより、溶接トーチ16は、図1に示すX方向、Y方向、およびZ方向に移動自在とされている。

【0030】

溶接トーチ16は、溶加材としてのたとえば直径1mm程度のワイヤ18を内装し、ワイヤ送給装置15によって送り出されたワイヤ18の先端とワークWとの間にアークを発生させてその熱でワイヤ18を溶着させることにより、一对のワークW同士を互いに溶接するものである。

10

20

30

40

【0031】

レーザセンサヘッド17は、レーザ光を用いて溶接位置近傍のワークWの形状を検出するものである。レーザセンサヘッド17は、溶接トーチ16の外表面に、詳細には溶接トーチ16の溶接実行時の移動方向側に取り付けられている。レーザセンサヘッド17は、レーザ光をワークWに照射して反射した光を受光することにより、ワークWの形状を2次元情報として検出する。より詳細には、図2において、溶接トーチ16のX方向への移動に伴って所定のタイミングで（X方向において所定のピッチで）Y方向にスキャンすることにより各スキャン位置でのワークWのZ-Y面内の外部形状を検出する。レーザセンサヘッド17によって検出されたワークWの形状情報は、センサ制御装置20に与えられる。

【0032】

センサ制御装置20は、レーザセンサヘッド17によって検出された各スキャン位置のワークWの形状情報を取り込み、画像処理を行うことにより、その形状情報から溶接トーチ16の溶接位置を抽出するものである。より具体的には、図2に示すように、たとえばスキャン位置X1において、レーザセンサヘッド17からワークWのせり上がり部91のZ-Y面内の外部形状に対応した矩形波状の信号が出力されるので、センサ制御装置20は、この矩形波状の信号波形から溶接位置（Y1，Z1）を抽出する。センサ制御装置20は、全てのスキャン位置について、溶接トーチ16の溶接位置を抽出し、その位置情報をX，Y，Z方向の座標情報にしてパーソナルコンピュータ30およびロボット制御装置40に対して通知する。

【0033】

パーソナルコンピュータ30は、センサ制御装置20から送られる溶接トーチ16の溶接位置に応じた座標情報に基づいて、教示点データを生成し、ロボット制御装置40に与えるものである。ここで、教示点データとは、溶接トーチ16が移動すべき軌跡を3次元の複数の点と、その点における溶接トーチ16の姿勢とを表した座標情報をいう。

【0034】

ロボット制御装置40は、溶接用ロボット10の動作を制御するためのものである。ロボット制御装置40は、レーザセンサヘッド17からの座標情報およびパーソナルコンピュータ30からの教示点データに基づいて、溶接用ロボット10のモータ14などを制御して、溶接トーチ16をワークWの溶接部分に沿って移動させる。

【0035】

図3は、センサ制御装置20、パーソナルコンピュータ30、およびロボット制御装置40の電気的構成を示す図である。

【0036】

センサ制御装置20は、CPU21、ROM22、EEPROM23、RAM24、フレームメモリ25、およびI/O26を有し、それらは互いにバス接続されている。I/O26には、画像処理部27、センサI/F28および通信部29が接続されている。

【0037】

CPU21は、本センサ制御装置20の制御を司るものであり、ROM22に記憶されている動作プログラムなどに基づいて各部の制御を行う。ROM22は、動作プログラムや各種のデータを記憶するものである。EEPROM23は、溶接トーチ16の溶接位置をデータとして記憶するものである。RAM24は、CPU21に対して作業領域を与えるものである。フレームメモリ25は、レーザセンサヘッド17によって検出された形状情報としての画像データをフレームデータの形で格納するためのものである。

【0038】

画像処理部27は、レーザセンサヘッド17によって検出された形状情報を画像処理するものである。センサI/F28は、レーザセンサヘッド17に接続され、A/D変換器として機能し、レーザセンサヘッド17から送られた形状情報としてのアナログ信号をデジタル信号に変換するものである。通信部29は、パーソナルコンピュータ30およびロボット制御装置40との通信を司るものである。

【0039】

10

20

30

40

50

パーソナルコンピュータ 30 は、CPU 31、ROM 32、EEPROM 33、RAM 34、I/O 35 を有し、それらは互いにバス接続されている。I/O 35 には、ハードディスク装置 36、液晶ディスプレイなどからなる表示部 37、キーボードなどからなる操作部 38、および通信部 39 が接続されている。

【0040】

CPU 31 は、本パーソナルコンピュータ 30 の制御を司るものであり、ROM 32 に記憶されている動作プログラムやユーザの操作による操作部 38 からの操作信号などに基づいて、各部の制御を行う。ROM 32 は、動作プログラムや各種のデータを記憶するものである。EEPROM 33 は、生成した教示点データなどを記憶するためのものである。RAM 34 は、CPU 31 に対して作業領域を与えるものである。

10

【0041】

ハードディスク装置 36 は、センサ制御装置 20 から送られた座標情報などを記憶するものである。表示部 37 は、教示点データを生成する際の処理状況などを表示するものである。操作部 38 は、教示点データを生成するための各種の操作を行うためのものである。通信部 39 は、センサ制御装置 20 およびロボット制御装置 40 との通信を司るものである。

【0042】

ロボット制御装置 40 は、CPU 41、ROM 42、EEPROM 43、RAM 44、I/O 45 を有し、それらは互いにバス接続されている。I/O 45 には、キーボードや表示器（いずれも図示略）などを備える教示操作部 46、溶接用ロボット 10 に接続されたモータ制御部 47、および通信部 48 がそれぞれ接続されている。

20

【0043】

CPU 41 は、本ロボット制御装置 40 の制御を司るものであり、ROM 42 に記憶されている動作プログラムや作業員などの操作による教示操作部 46 からの操作信号などに基づいて、各部の制御を行う。ROM 42 は、動作プログラムや各種のデータを記憶するものである。EEPROM 43 は、パーソナルコンピュータ 30 から与えられる教示点データや各種の設定値を記憶するものである。RAM 44 は、CPU 41 に対して作業領域を与えるものである。

【0044】

教示操作部 46 は、作業ロボット 10 の教示点データの入力、自動運転の指令、溶接トーチ 16 の溶接位置（座標情報）の設定などを行うためのものである。モータ制御部 47 は、たとえば教示点データに基づいて作業ロボット 10 のモータ 14 などの回転数や回転角度などを制御するためのものである。通信部 48 は、センサ制御装置 20 およびパーソナルコンピュータ 30 との通信を司るものである。また、通信部 48 には、ワイヤ送給装置 15 が接続され、ワイヤ送給装置 15 は、CPU 41 の指令に基づいてワイヤ 18 を溶接トーチ 16 に送給する。

30

【0045】

次に、上記構成における作用を説明する。

【0046】

本実施形態における溶接方法は、図 4 に示すように、一対のワーク W 同士が同仕様であって複数対あり、それらの一対のワーク W 同士を溶接する際、まず、一対の試験用ワーク W 同士に対して予備的な倣い溶接動作を行う第 1 工程と、その倣い溶接動作によって教示点データを取得する第 2 工程と、取得された教示点データに基づいて、試験用ワーク W 以外の他の複数対のワーク W 同士を量産的に溶接する第 3 工程とを有する。

40

【0047】

まず、倣い溶接動作を行う第 1 工程では、たとえば作業員は、ロボット制御装置 40 の教示操作部 46 を操作して、初期設定データとして溶接用ロボット 10 による溶接実行用データ、およびレーザセンサヘッド 17 によるセンサ検出用データを設定する（S1, S2）。ここで、溶接実行用データとは、ワーク W の溶接開始位置（たとえば図 2 の起点 P）のデータ、ワーク W の溶接線のデータ、溶接終了位置（たとえば図 2 の終点 E）のデータ

50

、溶接トーチ16の移動速度、ワイヤ18の送給速度、溶接トーチ16に対する溶接電圧、溶接電流などの倣い溶接動作に必要なデータをいう。また、センサ検出用データとは、溶接中における溶接トーチ16の姿勢（ワークWに対する角度など）などのデータをいう。

【0048】

初期設定データの入力完了後、ロボット制御装置40は、試験用ワークWにおける溶接を開始する。すなわち、ロボット制御装置40は、モータ制御部47を制御して溶接用ロボット10のモータ14などを駆動させ、溶接トーチ16の先端を起点Pの位置に移動させる（S3）。次いで、ロボット制御装置40は、ワイヤ送給装置15に対して指令を送り、これにより、溶接が開始される（S4）。すなわち、溶接トーチ16は、あらかじめ設定されたX方向（図2参照）に伸びた、ワークWの溶接線に沿って移動される。このとき、溶接トーチ16の移動方向側に設けられたレーザセンサヘッド17によって、溶接中におけるワークWの表面変化形状が検出される（S5）。 10

【0049】

具体的には、レーザセンサヘッド17は、溶接トーチ16のX方向における移動にともなう、たとえば20回/秒程度のピッチで、図2におけるY方向（溶接トーチ16の移動方向と略直交方向）にスキャンするようにワークWにレーザ光を照射し、その反射光を受光することにより、各スキャン位置のY方向におけるワークWの変化形状を検出し、その検出信号（図2の矩形波信号参照）をセンサ制御装置20に随時入力する。 20

【0050】

センサ制御装置20では、レーザセンサヘッド17から送られた形状情報（画像データ）をフレームメモリ25に蓄積しつつ、画像処理部27において画像処理を行う。そして、センサ制御装置20のCPU21は、画像処理された画像データに基づいて、溶接トーチ16の溶接線のX、Y、Z方向における座標情報を算出し（S6）、その座標情報を通信部29を介してロボット制御装置40およびパーソナルコンピュータ30に与える（S7）。このようにして、溶接トーチ16が溶接終了位置に到達すると、試験用ワークWに対する溶接を完了する。 20

【0051】

試験用ワークWに対する倣い溶接動作を行う第1工程が終了すれば、その倣い溶接動作に基づく教示点データを取得する第2工程に移る。パーソナルコンピュータ30は、溶接用ロボット10の座標情報をセンサ制御装置20から通信部39を介して取得すると、量産用のワークWに対して溶接する際に用いられる教示点データを生成する（S8）。この生成方法については、後述する。次いで、パーソナルコンピュータ30は、ロボット制御装置40に対して通信部39を介して、生成した教示点データを与える（S9）。なお、この倣い溶接動作によって教示点データを取得する第2工程は、倣い溶接動作を行う第1工程において、同時に行われてもよい。 30

【0052】

次に、倣い溶接動作に基づく教示点データを取得する第2工程が終了すれば、量産用のワークWを溶接する第3工程に移行する。この第3工程では、試験用ワークWの倣い溶接動作によって取得された教示点データに基づいて、量産用のワークWに対して溶接が行われる（S10）。 40

【0053】

すなわち、ロボット制御装置40は、パーソナルコンピュータ30から通信部48を介して与えられた教示点データを用いて、モータ制御部47を制御して溶接用ロボット10のモータ14などを駆動させて溶接トーチ16を移動させるとともに、ワイヤ送給装置15に対して指令を送ることにより溶接を開始させる。このときの溶接トーチ16の先端は、教示点データのZ方向における溶接線に沿って移動される。つまり、図17に示したように、溶接トーチ16の先端は、溶接中におけるワークWの形状変化を表す溶接線に沿って移動される。なお、溶接トーチ16の先端は、溶接線から所定距離、離れた位置を保持しながら移動されるようにしてもよい。 50

【0054】

このように、本実施形態では、レーザセンサヘッド17によって溶接実行中におけるワークWの実際の形状変化を検出し、その検出された形状情報に基づいて教示点データを取得し、その教示点データを量産用ワークWの溶接時に用いる。従来では、上述したように、溶接実行中におけるワークWの形状変化を考慮しておらず、そのため、溶接実行中においては、設定した教示点とワークWの表面変化形状とが一致せず、溶接不良を生じることがあった。

【0055】

しかしながら、本実施形態では、溶接実行中におけるワークWの形状変化を考慮し、それに基づいて取得された教示点データに沿って溶接を行うので、たとえば溶接実行中において、溶接トーチ16が、盛り上がったワークWの溶接部分に進入しながら移動されるようなことがなく、良好に溶接を行うことができる。そのため、信頼性の高い高品質な溶接を実現することができる。

【0056】

また、この実施形態では、従来のように試行錯誤的に求めていた教示点を、数値データとして取得することができるので、作業手順を画一化することができる。したがって、作業効率を向上させるとともに、作業コストの大幅な低減化を図ることができる。

【0057】

なお、量産用ワークWに対する溶接においては、レーザセンサヘッド17を用いる必要はない。レーザセンサヘッド17は、特殊な光学系部品によって構成されているため、市場価格が比較的高いものとなっている。そのため、すべての溶接用ロボット10に、レーザセンサヘッド17を取り付けることは困難であるので、倣い溶接動作時のみレーザセンサヘッド17を取り付けて溶接用ロボット10の教示点データを取得するようにしてもよい。たとえば、量産用ワークWに対する溶接時には、レーザセンサヘッド17を当該溶接用ロボット10から取り外して、別途他の用途に用いることもできる。このようにすれば、レーザセンサヘッド17を有効利用するとともに、トータル的に安価なコストで溶接作業を行うことができる。

【0058】

ここで、パーソナルコンピュータ30による教示点データの生成方法について、図5に示すフローチャートおよび図6ないし図9の説明図を参照して説明する。なお、図6ないし図9において紙面の上側をZ方向、紙面の右側をX方向とする。

【0059】

パーソナルコンピュータ30のCPU31は、センサ制御装置20からレーザセンサヘッド17による溶接実行中の倣い溶接動作時の座標情報を取得すると、図5に示すように、座標情報のうちの最初の点 P_0 を起点とおき(S11)、変数Nを「2」に設定する(S12)。ここで、変数Nは、教示点データを生成する際の対象となる点の数を示す。ここでは、 $N=2$ であるため、図6における P_1 、 P_2 の2つの点が対象点となる。

【0060】

次いで、CPU31は、対象となる点が座標情報の最後の点であるか否かの判別を行い(S13)、対象となる点が座標情報の最後の点である場合(S13: YES)、座標情報の最後の点を教示点データとして認識し(S14)、その教示点データをEEPROM33に記憶させて本処理を終了する。

【0061】

一方、対象となる点が座標情報の最後の点でない場合(S13: NO)、CPU31は、図7に示すように、起点 P_0 から対象点 P_1 、 P_2 に向かう方向ベクトル V_1 、 V_2 を求める(S15)。次いで、CPU31は、図8に示すように、これら方向ベクトル V_1 、 V_2 の平均となる方向ベクトル V' を求める(S16)。ここで、平均方向ベクトル V' は、起点 P_0 と、対象点 P_1 、 P_2 の中点 P' とを通る直線状に形成されたベクトルとなる。

【0062】

10

20

30

40

次いで、CPU 31は、図9に示すように、この平均方向ベクトル V' （またはその延長線）と各対象点 P_1 、 P_2 との距離 L_1 、 L_2 をそれぞれ算出し（S17）、その距離 L_1 、 L_2 の値の中から最大となる距離 M_a を選出する（S18）。そして、その最大距離 M_a があらかじめ定める所定値以上であるか否かの判別を行い（S19）、最大距離 M_a が所定値以上でない場合（S19：NO）、対象点をさらにひとつ増やし（S20）、ステップS13に戻る。すなわち、対象となる点を一つ増やして同様の処理を行う。

【0063】

一方、最大距離 M_a が所定値以上である場合（S19：YES）、対象点のうち、起点 P_0 から最も遠い対象点を基準にして一つだけ起点 P_0 寄りの対象点を教示点とするとともに、当該対象点を新たに起点 P_0 として認識する（S21）。すなわち、CPU 31は、当該対象点の座標情報を教示点データとしてEEPROM 33に記憶させ、ステップS12に戻る。そして、CPU 31は、上述の処理を繰り返し、対象となる点が最後の点になると（S13：YES）、その点を教示点データとしてEEPROM 33に記憶して（S14）、教示点データの生成処理を終了する。

【0064】

上記処理において、ステップS15～S20のループは、倣い溶接動作によって取得したワークWの形状を直線によって近似し、各直線の接続点を教示点データとして生成するものである。このような処理をすることにより教示点データを可能な限り低減し、当該教示点データのメモリ容量を抑制するとともに、教示点データに基づく溶接トーチ16の溶接動作制御を簡素にすることができる効果を有する。特に、ワークWの溶接位置の形状が直線を組み合わせた矩形的な形状である場合は、有効である。

【0065】

図10は、パーソナルコンピュータ30のCPU 31による教示点データの生成例を表す図である。同図において、実線FがワークWの形状を示し、点fが生成された教示点を示す。この図によると、ワークWの形状の直線部分では、隣り合う教示点データ同士のピッチが長くされ、円弧部分では隣り合う教示点データ同士のピッチが短くなっていることがわかる。

【0066】

このように、各座標点が略直線状に続くような場合には、全ての座標点を教示点データとせず、一部の座標点（特に直線近似された各直線上に含まれる点）は除去（間引き）するようにしている。溶接トーチ16は、教示点からそれに直近の次の教示点へと移動するので、各座標点が略直線状に続く場合に間引きされた座標点を飛ばして移動することになる。したがって、よりスムーズに溶接トーチ16を移動させることができる。

【0067】

また、たとえば複数の座標点のうちの一定間隔ごとに配された座標点を教示点として取得するような方法では、座標点が直線状に続くようなときでも、一定間隔ごとの座標点を全て教示点データとして採用することになる。これに対し、本実施形態では、必要のない（直線状に続くような）座標点は取り除かれるので、必要最小限の教示点データで溶接トーチ16の移動軌跡を構築することができる。そのため、教示点データの増大を防止することができるとともに、メモリ容量を削減することができる。また、取り扱うデータも可及的に少なく済むので、ソフトウェアによる制御処理を簡素化することができる。

【0068】

また、上記処理に加え、円弧軌跡を加味した形で教示情報を取得するようにしてもよい。すなわち、上記処理では、溶接トーチ16の移動軌跡を直線状に置き換えて近似させるようにしていたが、溶接トーチ16の移動軌跡が円弧に近い形状であれば、円弧軌跡を含んだ教示情報を取得するようにしてもよい。

【0069】

図11は、教示点データを生成する際に円弧軌跡を加味するか否かの選択を含む場合の制御処理を示すフローチャートである。なお、図11に示す制御処理において、ステップS31ないしステップS38の内容は、図5に示した制御処理のステップS11ないしステ

10

20

30

40

50

ップS 18の内容と同様であるため、ここでは、それらの説明を省略する。

【0070】

ステップS 38において、平均方向ベクトルと対象点との最大距離 M_a を求めた後、ステップS 39では、起点と対象点とに基づいて円弧を取得する。具体的には、まず、対象点 N が2である場合（ステップS 32参照）、すなわち、図12に示すように、起点 P_0 と、2つの対象点 P_1 、 P_2 とが存在する場合、起点 P_0 および2つの対象点 P_1 、 P_2 が全て通る円弧 S を選出し、その円弧 S の中心と半径とを取得する。

【0071】

次いで、CPU 31は、円弧 S と円弧 S 上にない対象点との距離を求め（S 40）、円弧 S と円弧 S 上にない対象点との距離のうち最大距離 M_b を選択する（S 41）。この場合、起点 P_0 および2つの対象点 P_1 、 P_2 は、全て円弧 S を通るため、円弧 S 上にない対象点に存在せず、最大距離 M_b は算出されない。

10

【0072】

その後、CPU 31は、平均方向ベクトルと対象点との最大距離 M_a および円弧 S と対象点との最大距離 M_b （最大距離 M_b が算出された場合）のいずれかがあらかじめ定める所定値を越えるか否かの判別を行う（S 42）。最大距離 M_a および最大距離 M_b のいずれかが上記所定値を越えない場合（S 42：NO）、対象点をさらにひとつ増やし（S 43）、EEPROM 33に最大距離 M_a および最大距離 M_b を一旦記憶させ（S 44）、ステップS 33に戻る。すなわち、対象となる点を一つ増やして同様の処理を行う。

【0073】

ここで、対象点の数 N が3以上の場合のステップS 39以降の処理を説明する。対象点の数 N が3以上の場合、起点と、3つの対象点のうちの最終点（起点から遠い方の点）と、起点および最終点の中央に位置する対象点（以下、「中央点」という）とに基づいて円弧を取得する。

20

【0074】

より具体的には、図13に示すように、起点 P_0 と、3つの対象点 $P_1 \sim P_3$ とが存在する場合、対象点 P_1 または対象点 P_2 を中央点とし、対象点 P_3 を最終点とし、起点 P_0 、中央点（仮に対象点 P_1 とする）、および最終点 P_3 を通る円弧 S を選出し、その円弧 S の中心と半径とを取得する。そして、円弧 S と円弧 S 上にない対象点 P_2 との距離を求め（図14参照）、円弧 S と円弧 S 上にない対象点との距離のうち最大距離 M_b を選択する。図14によれば、円弧 S 上にない対象点は P_2 のみであるため、円弧 S と対象点 P_2 との距離が最大距離 M_b となる。

30

【0075】

また、図15に示すように、起点 P_0 と、4つの対象点 $P_1 \sim P_4$ とが存在する場合、対象点 P_2 を中央点とし、対象点 P_4 を最終点とし、起点 P_0 、中央点 P_2 、および最終点 P_4 を通る円弧 S を選出し、その円弧 S の中心と半径とを取得する。そして、円弧 S と円弧 S 上にない対象点との距離を求め（図16参照）、円弧 S と円弧 S 上にない対象点との距離のうち最大距離 M_b を選択する。図16によれば、円弧 S 上にない対象点は P_1 および P_3 であり、対象点 P_3 が対象点 P_1 より円弧 S からの距離が長いため、円弧 S と対象点 P_3 との距離が最大距離 M_b となる。

40

【0076】

一方、最大距離 M_a および最大距離 M_b のいずれもが上記所定値を越える場合（S 42：YES）、対象点のうち、起点 P_0 から最も遠い対象点を基準にして一つだけ起点 P_0 寄りの対象点を教示点とするとともに、当該対象点を新たに起点として認識する（S 45）。すなわち、CPU 31は、当該対象点の座標情報を教示点データとしてEEPROM 33に記憶させる。

【0077】

その後、CPU 31は、最大距離 M_a の値が最大距離 M_b の値より大であるか否かを判別し（S 46）、最大距離 M_a の値が最大距離 M_b の値より大でない場合（S 46：NO）、溶接トーチ16の先端が直線状に移動する直線軌跡を採用する（S 47）。一方、最大

50

距離 M_a の値が最大距離 M_b の値より大である場合 (S 4 6 : Y E S)、溶接トーチ 1 6 の先端が円弧状に移動する円弧軌跡を採用する (S 4 8)。その後、処理はステップ S 3 2に戻る。

【0078】

上記処理において、ステップ S 3 2 ~ S 4 4 のループは、倣い溶接動作によって取得したワーク W の形状を直線もしくは円弧によって近似する処理である。また、ステップ S 4 5 ~ S 4 8 は、直線近似と円弧近似のうち、より誤差の小さい方を採用する処理である。したがって、ステップ S 3 2 ~ S 4 8 の処理を繰り返すことにより倣い溶接動作によって取得したワーク W の形状が、部分的に直線と円弧とを組み合わせた形状に近似され、組み合わせられた直線の両端点と円弧の両端点および中間点が教示点データとして生成される。このような処理をすることにより教示点データを可能な限り低減し、当該教示点データのメモリ容量を抑制するとともに、教示点ワークに基づき溶接トーチ 1 6 の溶接動作制御を簡素にすることができる効果を有する。

10

【0079】

このように、円弧軌跡を加味した形で教示情報を取得するようにすれば、教示点データの数を少なくすることができる。また、このような曲線的な溶接トーチ 1 6 の動きを直線軌跡でのみ表す場合、溶接トーチ 1 6 の円弧状の動作を直線で近似させているため、実際の溶接トーチ 1 6 の動作と比較した場合、ある程度誤差を含むものとなる。しかしながら、上記のように円弧軌跡を用いれば、本来の溶接トーチ 1 6 の動作により近い動作を表すことができ、溶接実行中におけるワーク W の表面形状変化をより正確に再現させることができる。なお、教示点の生成方法は、上記したような方法に限定されるものではない。

20

【0080】

もちろん、この発明の範囲は上述した実施の形態に限定されるものではない。たとえば、上記実施形態では、パーソナルコンピュータ 3 0 を用いて教示点データを生成するようにしていたが、これに代えて、教示点データの生成をロボット制御装置 4 0 において実施するようにしてもよい。これにより、設備コストの削減化を図ることができる。

【0081】

また、上記実施形態では、レーザセンサヘッド 1 7 を用いて、溶接実行中におけるワーク W の表面形状変化を検出するようにしていたが、レーザセンサヘッド 1 7 に代えて、たとえば CCD カメラやアークセンサなどを用いて、溶接実行中におけるワーク W の表面形状変化を検出するようにしてもよい。

30

【0082】

また、上記実施形態では、溶接用ロボットによるアーク溶接について説明したが、これに限らず、たとえば切断用ロボットによる切断加工に、上記した制御処理を適用するようにしてもよい。この場合、切断加工時においては、ワーク W の切削部が高温になって形状変化が生じ、切断工具が所望の動作をしないといった問題点が推定できるため、上記制御処理によって切断工具を適切に動作させることができる。あるいは、樹脂成型品同士の接着加工に、上記した制御処理を適用するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る作業ロボットを用いた制御システムを示す構成図である。

40

【図 2】ワークの一例を示す斜視図である。

【図 3】センサ制御装置、パーソナルコンピュータ、およびロボット制御装置の電氣的構成を示す図である。

【図 4】本制御システムによる溶接方法を示す工程図である。

【図 5】教示点データを生成するためのパーソナルコンピュータの制御処理を示すフローチャートである。

【図 6】教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 7】教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 8】教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 9】教示点データの生成方法を説明するための図である。

50

【図 10】 パーソナルコンピュータの CPU による教示点データの生成例を表す図である。

【図 11】 教示点データを生成するためのパーソナルコンピュータの制御処理を示すフローチャートである。

【図 12】 教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 13】 教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 14】 教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 15】 教示点データの生成方法を説明するための図である。

【図 16】 教示点データの生成方法を説明するための図である。

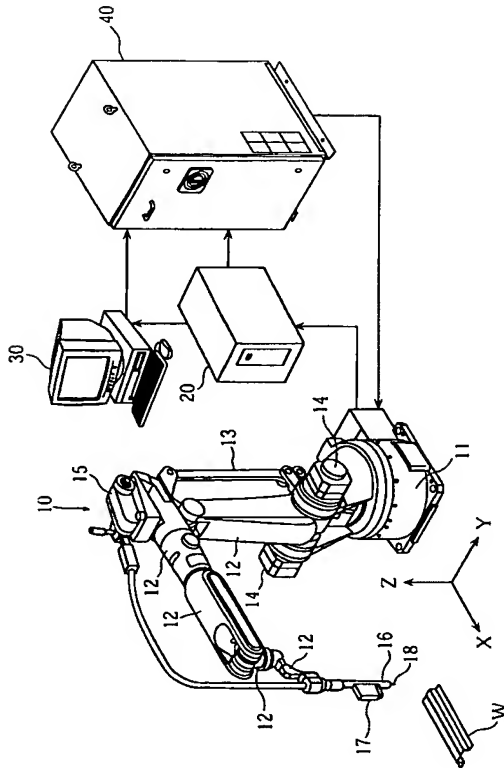
【図 17】 溶接前後および溶接中のワークの形状を示す図である。

10

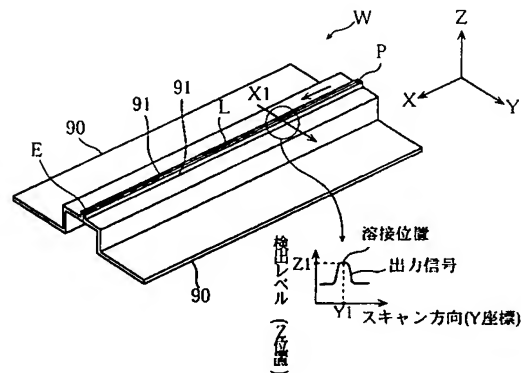
【符号の説明】

- 10 溶接ロボット
- 16 溶接トーチ
- 17 レーザセンサヘッド
- 20 センサ制御装置
- 30 パーソナルコンピュータ
- 31 CPU (パーソナルコンピュータの)
- 40 ロボット制御装置
- W ワーク

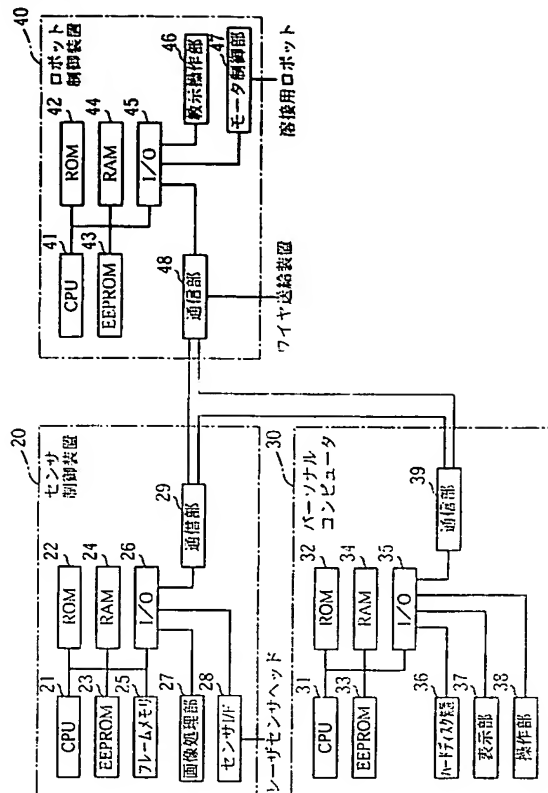
【図 1】



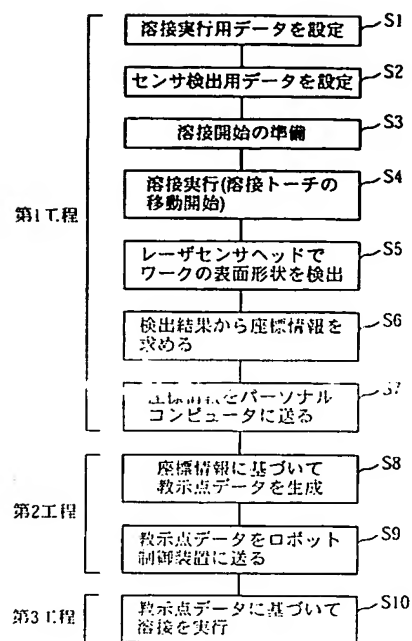
【図 2】



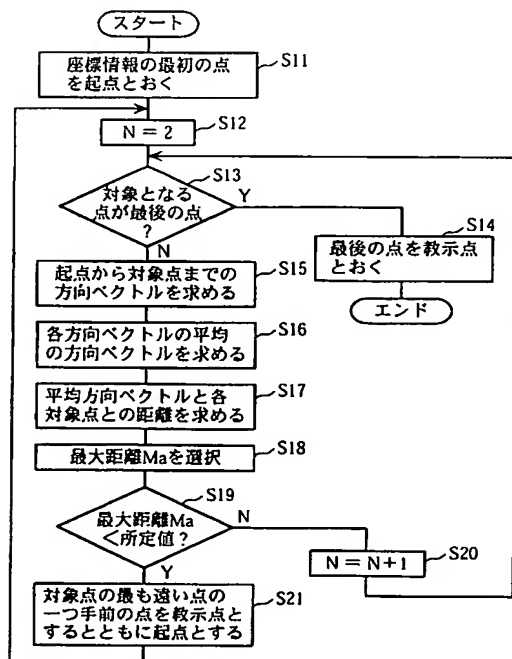
【図 3】



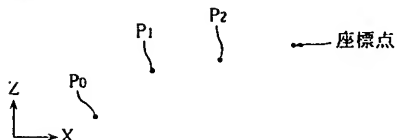
【図 4】



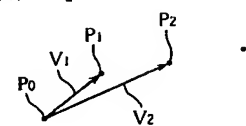
【図 5】



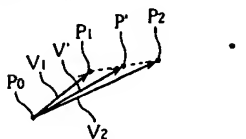
【図 6】



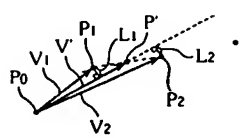
【図 7】



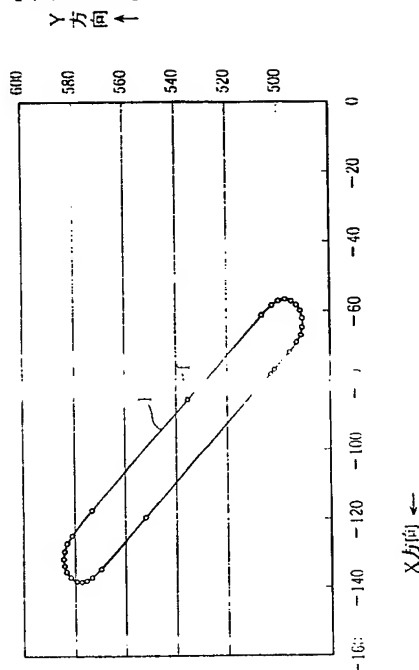
【図 8】



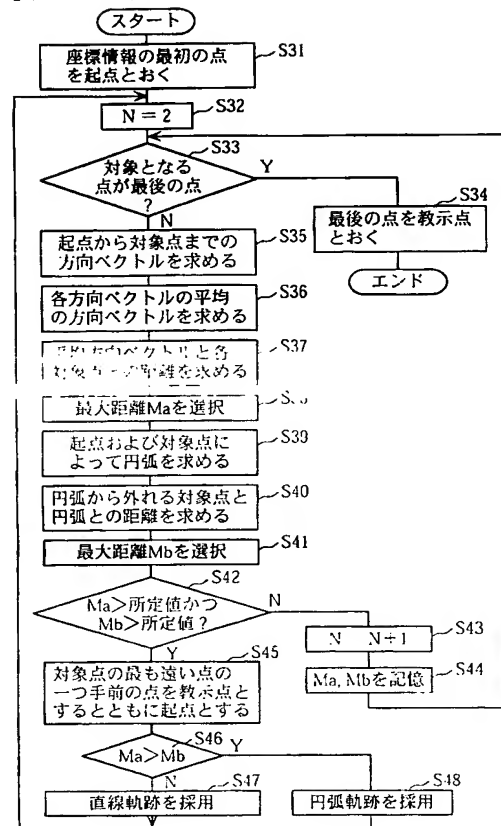
【図 9】



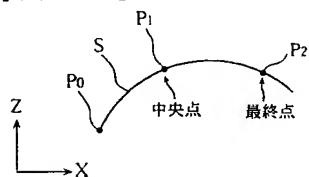
【図 10】



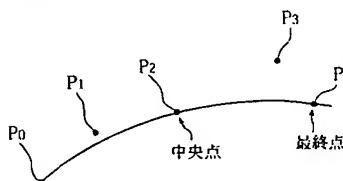
【図 11】



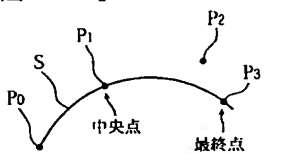
【図 12】



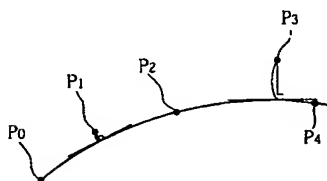
【図 15】



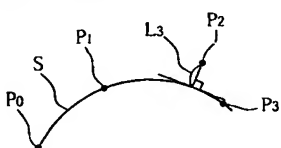
【図 13】



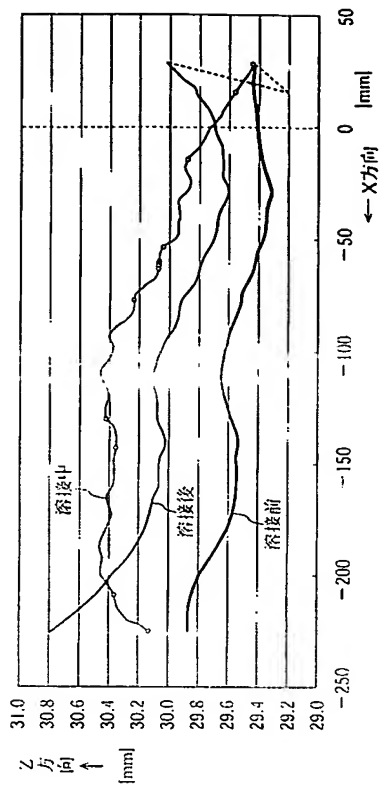
【図 16】



【図 14】



【図 17】



フロントページの続き

(74)代理人 100117167

弁理士 塩谷 隆嗣

(74)代理人 100117178

弁理士 古澤 寛

(74)代理人 100120514

弁理士 筒井 雅人

(72)発明者 井澤 明展

大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内

(72)発明者 重田 伸也

大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内

(72)発明者 上田 孝治

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 山上 武

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3C007 AS11 BS10 KS07 KS36 KV00 KX06 LS01 LS15 LT01 LT06

LT12 MT04